

AG

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-224108

(43)Date of publication of application : 11.08.2000

(51)Int.Cl.

H04B 10/02

H04J 14/00

H04J 14/02

(21)Application number : 11-020759

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 28.01.1999

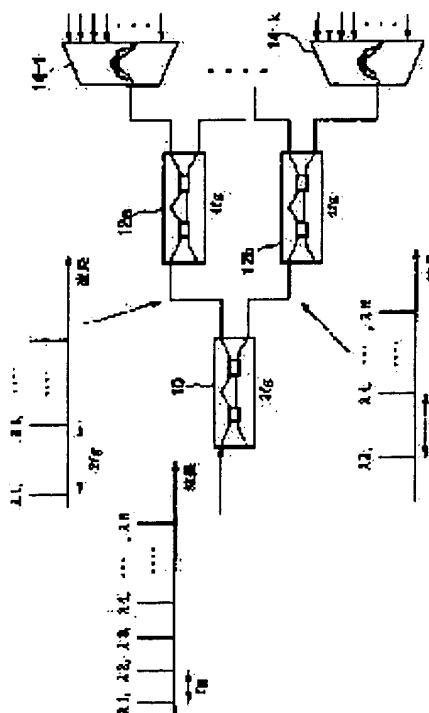
(72)Inventor : KANO FUMIYOSHI  
KOGA MASABUMI

## (54) WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXER DEMULTIPLEXER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wavelength division multiplexer demultiplexer with which a signal light is easily extended.

SOLUTION: A 2fg period Mach-Zehnder type optical filter 10 divides an optical signal into two wavelength groups as N/2 (N is a power of 2) wave even numbered channel wavelength groups and N/2 odd numbered channel wavelength groups, a 4fg period Mach-Zehnder type optical filters 12a, 12b divides each wavelength group into 4 wavelength groups of N/4 waves length. The similar division is repeated for Mfg (M is a power of 2, M<N) period periodical optical filters to divide the optical signal into M wavelength groups consisting of N/M waves and wavelength demultiplexers 14-1-14-k divide N/M waves of wavelength multiplex signals into individual signal lights.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.11.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 24.09.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-224108

(P2000-224108A)

(43) 公開日 平成12年8月11日 (2000.8.11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 4 B 10/02		H 0 4 B 9/00	U 5 K 0 0 2
H 0 4 J 14/00			E
14/02			

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-20759

(22) 出願日 平成11年1月28日 (1999.1.28)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 狩野 文良

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 古賀 正文

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武

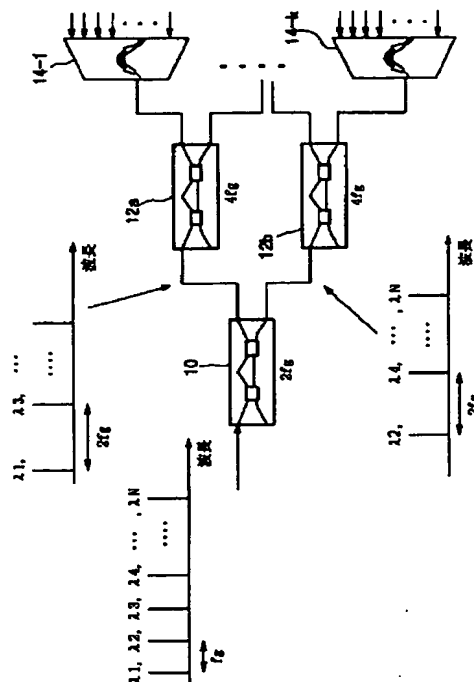
Fターム (参考) 5K002 BA05 DA02 FA01

(54) 【発明の名称】 波長分割多重合分波装置

(57) 【要約】

【課題】 容易に信号光の増設が可能な波長分割多重合分波装置を提供する。

【解決手段】 光信号を、 $2fg$  周期のマッハ・ツェンダー型の光フィルタ10によって $N/2$  ( $N$ は2のべき乗) 波の偶数チャンネル波長群と $N/2$  波の奇数チャンネル波長群との2つの波長群に分割し、各波長群を $4fg$  周期のマッハ・ツェンダー型の光フィルタ12a、12bによって $N/4$  波の4つの波長群に分割し、同様の分割を $Mfg$  ( $M$ は2のべき乗,  $M < N$ ) 周期の周期性光フィルタまで繰り返すことにより、 $N/M$  波からなる $M$ 個の波長群に分割し、 $N/M$  波の波長多重信号を波長分波回路14-1~14-kにより個別の信号光に分割する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 信号光の波長（光周波数）がN波（Nは2のべき乗）利用可能に設計され、N波の信号光が光周波数間隔  $f_g$  で配置される波長分割多重伝送技術と波長ルーティング技術とを適用した光ネットワークの中で信号光の分離・多重を行うノードに適用する波長分割多重合分波装置であって、

光周波数間隔  $f_g$  の2倍（ $2f_g$ ）、4倍（ $4f_g$ ）、…、M（ $Mf_g$ 、Mは2のべき乗、 $M < N$ ）の周期を有する複数の周期性光フィルタと複数の空間分割型波長フィルタとから構成され、

前記光信号を、 $2f_g$  周期の周期性光フィルタによって  $N/2$  波の偶数チャンネル波長群と  $N/2$  波の奇数チャンネル波長群との2つの波長群に分割し、各波長群を  $4f_g$  周期の周期性光フィルタによって  $N/4$  波の4つの波長群に分割し、同様の分割を  $Mf_g$  周期の周期性光フィルタまで繰り返すことにより、 $N/M$  波からなるM個の波長群に分割し、 $N/M$  波の波長多重信号を空間分割フィルタにより個別の信号光に分割する波長分波回路、又は、上記と逆の過程でそれぞれの信号光を合波する波長合波回路によって  $N/M$  波を単位として増設されることを特徴とする波長分割多重合分波装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長分割多重合分波装置に係り、特に波長分割多重型光通信ネットワークにおける信号光の多重・分離を行って経路制御等を行う波長分割多重合分波装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、インターネットの発達やコンピュータの処理能力の向上に伴ってネットワークを介して送受信される情報量が増大している。情報通信量の増大に伴い、波長分割多重（WDM）伝送技術及び任意の波長の信号光の分岐・挿入、光クロスコネクタ等の波長ルーティング技術を用いた光通信ネットワークシステムの開発が盛んに行われている。

【0003】 WDMネットワークにおいては、波長の異なる複数の信号光が多重化され、多重化された信号光は一つの光ファイバを介して伝送される。このため、送信側で波長の異なる複数の信号光を合波し、波長多重信号光として送出する。一方、受信側では波長多重信号光を波長毎に複数の信号光に分波して検出する。また、伝送経路中に設けられる各ノードでは伝送されてきた波長多重信号光を波長毎に複数の信号光に分波し、信号光の波長に応じて経路切り替え等の処理を行い、それぞれ処理された信号光を合波して波長多重信号光として送出する。このようにWDMネットワークでは複数の異なる波長の信号光の合分波を行う波長多重合分波装置が極めて重要な役割を果たしている。

【0004】 WDMネットワークに用いられる信号光の波長（光周波数）についてはITU-Tで標準化が進められている（Correspondence Group Leader for G.mcs, Draft Recommendation G.mcs: Optical interface for multichannel systems with optical amplifiers, International Telecommunications Union, Geneva, Switzerland, No.COM15-282-E 1996）。具体的には、基準光周波数（ $193.1\text{ THz}$ 、波長  $1552.52\text{ nm}$ ）を中心に等間隔の光周波数グリッドを設定し、この光周波数グリッドの中から各信号光の波長（光周波数）を選択する方法が標準となっている。

【0005】 これまでWDM用の信号光（チャンネル）としては光ファイバ増幅器の利得帯域に合った波長  $1550\text{ nm}$  帯の  $100\text{ GHz}$  又は  $200\text{ GHz}$  間隔の8波、16波が用いられている。しかし、通信需要の急激な増大に伴い、より多くのチャンネル数が求められている。チャンネル数を増す方法としては、新たな波長帯を開拓していく方法と、チャンネル間隔を狭くして同じ波長対に詰め込む方法とがある。近年、 $1580\text{ nm}$  帯の光ファイバ増幅器が開発され新たな波長帯として研究開発が進められている。また、各波長帯においてチャンネル間隔を狭くした高密度化の検討が進められている。

【0006】 複数の異なる波長の信号光を合分波する手段として、空間分割型波長フィルタ等の波長合分波回路が用いられている。図5、6は、アレイ導波路回折格子を用いて  $n$ （ $n$  は自然数）波の信号を合分波する空間分割型波長フィルタの例を示す図である。図5は、波長合波回路50により波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、…、 $\lambda_n$  のそれぞれの信号光が多重化されて出力される場合の動作を説明する図であり、図6は、波長分波回路52により多重化された信号光が波長ごとに分波されてそれぞれのポートに出力される場合の動作を説明する図である。図5において、波長合波回路50及び波長分波回路52は例えば  $n \times 1$  アレイ導波路回折格子が用いられる。また、図6における波長分波回路52は  $n \times 1$  アレイ導波路回折格子の入出力端を逆にしたものである。

【0007】 上記のアレイ導波路回折格子等の空間分割型波長フィルタの場合は信号光の波長によって、入力ポートと出力ポートの関係が一意に定まる。このため、適切な入出力ポートを選択することで異なるポートから入力された異なる波長の信号光を同一のポートに出力したり、波長多重された信号光を波長に対応した異なるポートにそれぞれの波長の信号光として出力することができ、波長合分波回路として機能する。

【0008】 つまり、図5を参照すると、波長合波回路50は入力ポート  $IP1 \sim IPn$  と出力ポート  $OP$  とを備えており、入力ポート  $IP1 \sim IPn$  各々から入力される波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、…、 $\lambda_n$  を波長多重して出力ポート  $OP1$  から出力する。また、図6を参照すると、波長分波回路52は入力ポート  $IP$  と出力ポート  $OP1 \sim OPn$

$P_n$ とを備えており、入力ポートIPから入力される波長多重された信号光を波長分離して波長 $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , ...,  $\lambda_n$ 毎に出力ポートOP1~OPn各々へ出力する。この詳細は、例えば、高橋 浩等、“WDM用アレイ導波路回折格子” NTT R&D, Vol.46, No.7, p693, 1997を参照されたい。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、使用する波長帯を拡大してチャンネル数を増加させる場合は、WDMカプラ等で各波長帯に分波した後、それぞれの波長帯をアレイ導波路回折格子等の波長合成分波回路で各波長の信号光に分波したり又はその逆の過程で合波する。この場合は各波長帯に対応する波長合成分波回路を増設することで波長帯単位でチャンネルを増設していくことができる。

【0010】一方、チャンネル間隔を狭くしてチャンネル数を増加させる場合は、そのチャンネル間隔に応じた波長合成分波回路の置き換えが必要となる。上記の様な単一の波長合成分波回路を用いる方法では使用するチャンネルを増設しようとした場合、波長合成分波回路自体を置き換える必要があり、拡張性に乏しい。このためチャンネルを増設する場合は、サービスに使用中のチャンネルを停止して波長分離多重装置の置き換えをする必要がある。将来のチャンネルの増加を考え、最初から多チャンネルのアレイ導波路回折格子等の大規模な空間分割型波長フィルタを波長合成分波回路として用いることが考えられるが初期投資費用の増大を招き、過剰な設備投資となる可能性がある。

【0011】また、大規模な波長合成分波回路を単一の光部品で構成しようとした場合はチャンネル数の増加により光部品の規模が増大し、製作時において歩留まりが低下したり、価格が上昇したりする問題点がある。波長帯を拡張してチャンネル数を増設する場合でも、各波長帯の有限の帯域幅を効率的に使用するためにはチャンネル間隔を狭くすることが有効であり、よってそれぞれの波長帯の波長合成分波回路に拡張性が求められ、上述と同様の問題点を解決する必要がある。

【0012】本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、容易に信号光の増設が可能な波長分割多重合成分波装置を提供することを目的とする。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、WDMネットワークの中で信号光の分離・多重を行うノードに適用する波長分割多重合成分波装置における波長合成分波回路を異なる周期を有する複数の周期性光フィルタと複数の空間分割型波長フィルタから構成するものである。より具体的には、信号光の波長（光周波数）がN波（Nは2のべき乗）利用可能に設計され、N波の信号光が光周波数間隔fgで配置される波長分割多重伝送技術と波長ルーティング技術とを適用した光ネットワークの中で信号光の分離・多重を行うノードに適用する波長分割多重合成分波装置であって、光周波数

間隔fgの2倍（2fg）、4倍（4fg）、…、M（Mfg、Mは2のべき乗、 $M < N$ ）の周期を有する複数の周期性光フィルタと複数の空間分割型波長フィルタとから構成され、前記光信号を、2fg周期の周期性光フィルタによってN/2波の偶数チャンネル波長群とN/2波の奇数チャンネル波長群との2つの波長群に分割し、各波長群を4fg周期の周期性光フィルタによってN/4波の4つの波長群に分割し、同様の分割をMfg周期の周期性光フィルタまで繰り返すことにより、N/M波からなるM個の波長群に分割し、N/M波の波長多重信号を空間分割フィルタにより個別の信号光に分割する波長分波回路、又は、上記と逆の過程でそれぞれの信号光を合波する波長合波回路によってN/M波を単位として増設されることを特徴とする。本発明においては利用可能なN波のうち、当初必要なチャンネル数で回路を構成することで過剰な設備投資をすることなく、必要に応じてN/Mx1空間分割型波長フィルタを増設することでN/M波を単位としてチャンネルの増設を最初に使用しているチャンネルの接続を切ることなく効率的に最大N波まで行うことが可能である。また、上記に示したように単一の素子でNチャンネル分の波長合成分波回路を構成しようするとNx1空間分割型波長フィルタ等の大規模な光部品の実現が必要とされるが、本発明は周期性光フィルタとN/Mx1空間分割型波長フィルタは構成されるため、大規模な光部品を必要とせず容易に入手できる光部品のみで効率的に構成することができる。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態による波長分割多重合成分波装置について説明する。本実施形態においては周期性光フィルタとしてはマッハ・ツェンダー型の光フィルタを、空間分割型波長フィルタとしてはアレイ導波路回折格子をそれぞれ用いている。

【0015】図1は、マッハ・ツェンダー型の光フィルタの概略構成を示す図であり、図2は、マッハ・ツェンダー型の光フィルタの透過特性を示す図である。マッハ・ツェンダー型の光フィルタは図1に示すように、例えば透明な基板2上に2本の光導波路4a、4bを形成してなる。この2本の光導波路4a、4bは基板2上において光結合器6、8によって光学的に結合され、その光路長は所定の干渉条件を満足するよう設定されている。

【0016】マッハ・ツェンダー型の光フィルタは、2つの導波路の内的一方の一端を入力ポートに使用し、各々の導波路の他端を出力ポートとして用いる。マッハ・ツェンダー型の光フィルタは図2に示すように周期的な透過特性を有しており、一方の出力ポートの出力（透過率）が最大となる光周波数において他方の出力ポートの出力（透過率）は最小となっている。このような特性を利用することで一定の光周波数間隔で配置された信号光から一つおきに選択することができる。アレイ導波路回

折格子は前述したように適切な入出力ポートを選択することで異なる波長の信号光を合分波することができる。

【0017】図3は、本発明の一実施形態による波長分割多重合分波装置の内の波長分波回路の構成を示す図である。本発明の一実施形態による波長分割多重合分波装置の内の波長分波回路は、図3に示されたように、図1に示したマッハ・ツェンダー型の光フィルタを多段接続して構成されている。つまり、マッハ・ツェンダー型の光フィルタ10の入力ポートは波長多重された信号光の入力端として用いられる。また、マッハ・ツェンダー型の光フィルタ10の一方の出力ポートにはマッハ・ツェンダー型の光フィルタ12aが接続され、他方の出力ポートにはマッハ・ツェンダー型の光フィルタ12bが接続される。以下、同様に、マッハ・ツェンダー型の光フィルタ12a、12bの各出力ポートにマッハ・ツェンダー型の光フィルタ（図示省略）が接続される。また、多段接続されたマッハ・ツェンダー型の光フィルタ各々の後段には図6に示した波長分波回路14-1～14-k（ $k = N/M$ ： $N$ は例えば64であり、 $M$ は例えば4である）が接続される。マッハ・ツェンダー型の光フィルタ10の周波数分離間隔は $2fg$ （100GHz）であり、マッハ・ツェンダー型の光フィルタ12a、12bの周波数分離間隔は $4fg$ （200GHz）である。

【0018】信号光の波長（光周波数）が光周波数 $fg$ （例えば、ここでは $fg = 50\text{GHz}$ とする）の間隔で $N$ 波（本実施形態では $N = 64$ とする） $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ が利用可能に設計されているとする。この信号光がマッハ・ツェンダー型の光フィルタ10の入力ポートから入力されると、 $N$ 波の信号光はマッハ・ツェンダー型の光フィルタ10により光周波数間隔 $2fg$ の $N/2$ 波（ $64/2 = 32$ 波）ずつに分割される。つまり、一方の出力ポートからは波長 $\lambda_1, \lambda_3, \dots$ の信号光が出力され、他方の出力ポートからは波長 $\lambda_2, \lambda_4, \dots$ の信号光が出力される。

【0019】マッハ・ツェンダー型の光フィルタ10の一方の出力ポートから出力された信号光はマッハ・ツェンダー型の光フィルタ12aへ出力され、他方の出力ポートから出力された信号光はマッハ・ツェンダー型の光フィルタ12bへ出力される。マッハ・ツェンダー型の光フィルタ12a、12bに入力された信号光は光周波数間隔 $4fg$ の $(N/2)/2 = N/4$ 波（ $64/4 = 16$ 波）ずつに分割される。つまり、マッハ・ツェンダー型の光フィルタ12aの一方の出力ポートからは波長 $\lambda_1, \lambda_5, \lambda_9, \dots$ の信号光が出力され、他方の出力ポートからは波長 $\lambda_3, \lambda_7, \lambda_{11}, \dots$ の信号光が出力される。また、マッハ・ツェンダー型の光フィルタ12bの一方の出力ポートからは波長 $\lambda_2, \lambda_6, \lambda_{10}, \dots$ の信号光が出力され、他方の出力ポートからは波長 $\lambda_4, \lambda_8, \lambda_{12}, \dots$ の信号光が出力される。以下、同様にマッハ・ツェンダー型の光フィルタの段数だ

け繰り返して $N/M$ 波（例えばここでは $M = 4, 64/4 = 16$ 波）に分割する。その後、 $N/M \times 1$ アレイ導波路回折格子（ $16 \times 1$ ）14-1～14-kによりそれぞれの信号光に分波する。

【0020】この場合、最初に必要なチャネル数に見合った数の $N/M \times 1$ アレイ導波路回折格子（ $16 \times 1$ ）にて回路を構成し、必要に応じて $N/M \times 1$ アレイ導波路回折格子（ $16 \times 1$ ）を増設することで、使用中のチャネルの接続を切ることなく、 $N/M$ 波（16波）を単位としてチャネルの増設を行うことが可能である。また、狭いチャネル間隔で大規模な $N \times 1$ アレイ導波路回折格子（ $64 \times 1$ ）を用いることなく、チャネル間隔の広い $N/M \times 1$ アレイ導波路回折格子（ $16 \times 1$ ）とマッハ・ツェンダー型の光フィルタとで回路を構成することができる。このとき、マッハ・ツェンダー型の光フィルタの直列接続の段数を調節することで回路設計の自由度を増すことができる。

【0021】また、図4に示したように、図3とは逆の構成、つまり波長合波回路20-1～20-kの後段にマッハ・ツェンダー型の光フィルタ22a、22bを配置し、その後段にマッハ・ツェンダー型の光フィルタ24を配置した構成とすることで、本実施形態の波長分割多重合分波装置の内の波長合波回路を構成することができる。図4は、本発明の一実施形態による波長分割多重合分波装置の内の波長合波回路の構成を示す図である。従って、上述の波長分割回路と波長合波回路との組み合わせにより、大規模な光部品を必要とせず容易に入手できる光部品のみで効率的にチャネルを増やすことができる。

#### 【0022】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、WDMネットワークにおける波長分割多重合分波装置を、使用中のチャネルのサービスを停止することなく増設可能であり、大規模な光部品を必要とせず容易に入手可能な光部品を用いて効率的に構成することが可能となり、WDMネットワークにおける拡張性のあるノードを初期投資費用を抑えて効率的に構成することができるという効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 マッハ・ツェンダー型の光フィルタの概略構成を示す図である。

【図2】 マッハ・ツェンダー型の光フィルタの透過特性を示す図である。

【図3】 本発明の一実施形態による波長分割多重合分波装置の内の波長分波回路の構成を示す図である。

【図4】 本発明の一実施形態による波長分割多重合分波装置の内の波長合波回路の構成を示す図である。

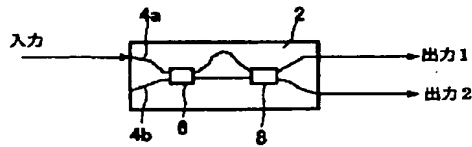
【図5】 波長合波回路50により波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ のそれぞれの信号光が多重化されて出力される場合の動作を説明する図である。

【図6】 波長分波回路52により多重化された信号光が波長ごとに分波されてそれぞれのポートに出力される場合の動作を説明する図である。

【符号の説明】

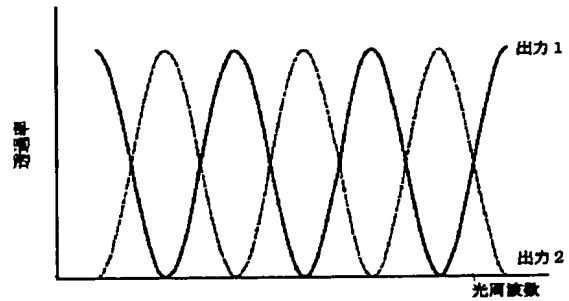
10、24…マッハ・ツェンダー型の光フィルタ（ $2f$

【図1】

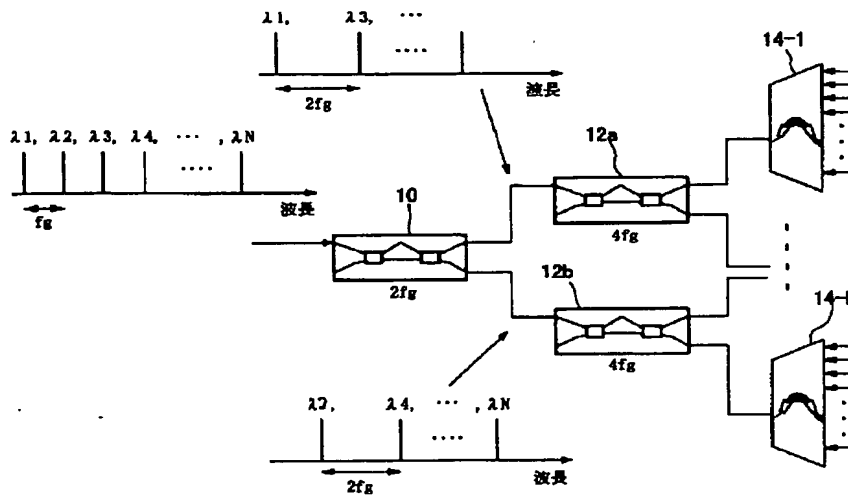


$g$  周期の周期性光フィルタ)、12a、12b、22a、22b…マッハ・ツェンダー型の光フィルタ（ $4f$   $g$  周期の周期性光フィルタ)、14-1～14-k…波長分波回路（空間分割フィルタ)、20-1～20-k…波長合波回路（空間分割フィルタ)。

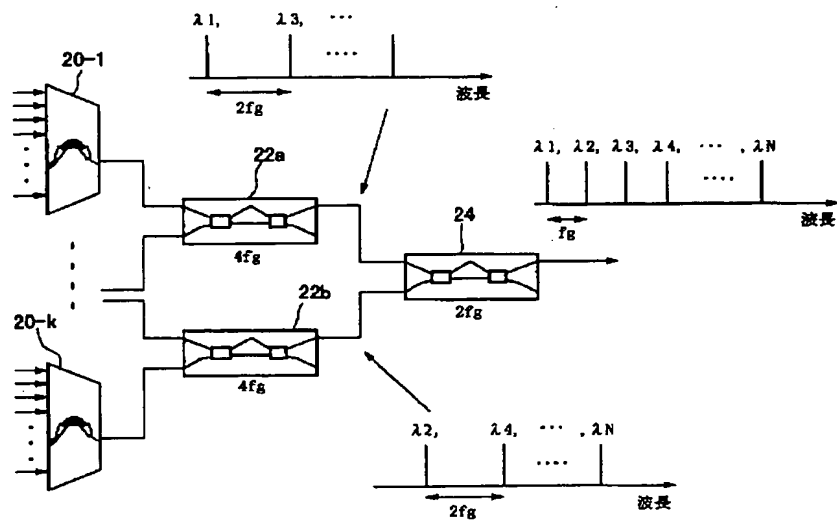
【図2】



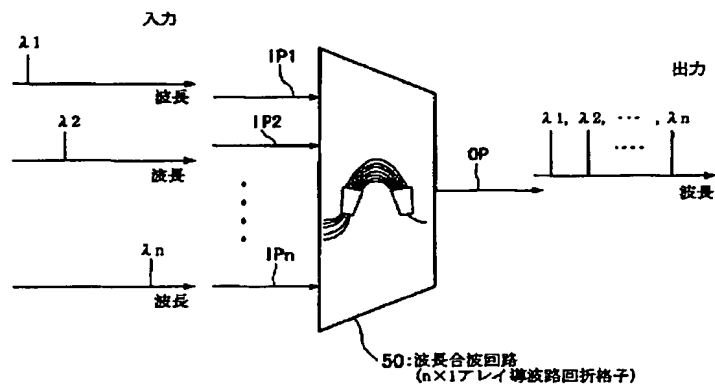
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

